DDA を用いた北九州市の急傾斜地における危険区域の設定

九州大学大学院　学生会員○古賀泰輔　フェロー　善　功企
九州大学大学院　正会員　陳　光斉　正会員　笠間清伸

1. 目的

我が国では土砂災害が年々増加傾向にある一方で，新たな宅地開発が進み，それに伴い被災のおそれのある危険箇所が増加している．そこで，土砂災害の危険区域を設定することを目的に，平成 13 年 4 月に土砂災害防止法が施行された．同法では，急傾斜地の崩壊による危険区域を，急傾斜地の下端から斜面高さの 2 倍(50m を超える場合は 50m)と定めた．しかしながら，危険区域の決定には，斜面の土質や強度などの物性が考慮されていないため，危険区域を過度に設定している可能性がある．本文では， DDA 解析により詳細な崩土の到達距離を求め，従来法における危険区域との比較を行った．

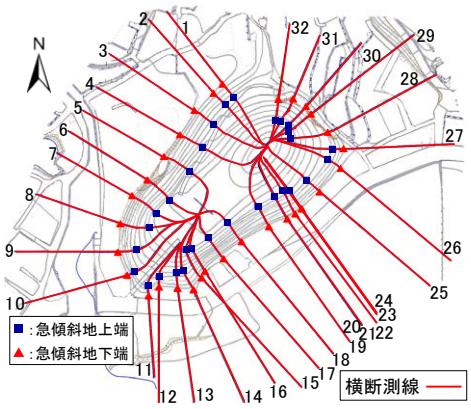

図-1　解析斜面の平面図と解析断面

2. 解析概要

本文では，福岡県北九州市門司区を対象に，土木学会西部支部が行った崩壊危険度の検討結果 [1)]を基に，等高線と地盤の物性が既知である危険度ランキング 1 位の斜面を選定した．

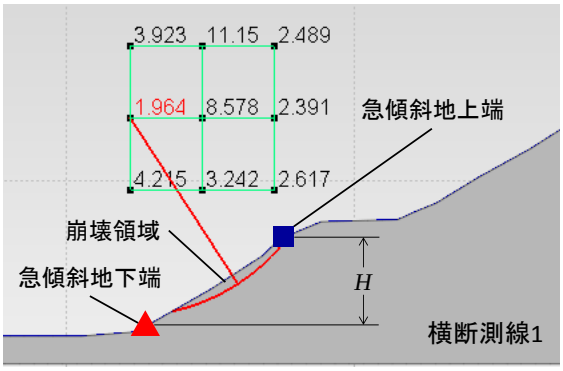

図-2　2 次元モデルと斜面安定解析

解析の流れは，1) 対象斜面において，検討する横断測線を選定．2) 横断測線における斜面形状および地盤定数を決定．3) 極限釣り合い法による斜面安定解析を行い，斜面内の崩壊領域を算出．4) 3)で得られた崩壊領域をブロックに分割し，DDA 解析を用いて崩壊土砂の到達距離および堆積範囲を算出．ただし，崩壊によって地盤が脆弱化することを考慮し，崩壊領域の強度定数を低減させて解析を行った．そのときの低減割合を強度低減割合とし，10%間隔で解析した．5) DDA 解析で得られた崩壊土砂の到達距離と土砂災害防止法で決められる危険領域を比較．さらに，これら 2 次元解析の結果を，平面図上に 3 次元的に示すことで，崩壊土砂の空間的な到達・堆積状況を調査した．

表-1　物性値

ヤング係数[MN/m^2]	30
ポアソン比	0.3
単位体積重量[kN/m^3]	18.6
飽和時単位体積重量[kN/m^3]	19.6
粘着力[kN/m^2]	20
ブロック間の摩擦角[°]	34

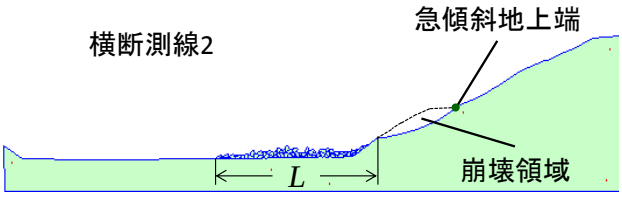

図-3　横断測線 2 における DDA シミュレーション

図-1 に，ランキング 1 位の斜面の平面図と横断測線を示す．本斜面では，32 測線を解析した．**表-1** に，解析に用いた物性値を示す．これらの値には九州電力(株)が行った力学試験の結果を用いた．本解析では，すべり半径は 13.8m，安全率は 1.96 であった．

図-2 に横断測線 1 における極限つりあい法を用いた斜面安定解析の結果を示す．図の左上にある格子点の値は，安全率の値である．また，図中の赤線で示す円弧および直線が，最小安全率となる

すべり面およびすべり半径である．**図-3** に，強度を 90%低減させたときの，横断測線 2 における DDA 解析により得られた崩壊土砂の堆積状況を示す．本解析では，崩壊源からの崩土の到達距離 L は約 25.5m であり，急傾斜地の高さ H は 8.0m であった．

3. 解析結果および考察

図-4，5 に，土砂災害防止法が定める到達距離(急傾斜地の高さ H の 2 倍)と，DDA 解析で算出した到達距離 L の関係を示す．崩壊土砂の強度を低減させると，土砂の到達距離は増加したが，その増加割合は，測線の違いによって変化した．強度低減割合 70%以上で崩壊するとき，L/H が 2.0 を超える測線(横断測線 2)が存在した．この斜面では，70%以上の強度低減が起こらない限り，崩土は土砂災害防止法の定める区域まで到達しない．逆に 90%の強度低減が起こると，横断測線 1，2，27 は土砂災害防止法の危険区域を越える範囲まで崩土が到達した．測線 1 では，危険区域からさらに 6.0m，測線 2 では 9.5m，測線 27 では 7.7m の範囲まで土砂が到達した．一方で，危険区域を実際の崩土の到達距離より 30m 以上大きく設定したケース(測線 15, 16)も存在した．

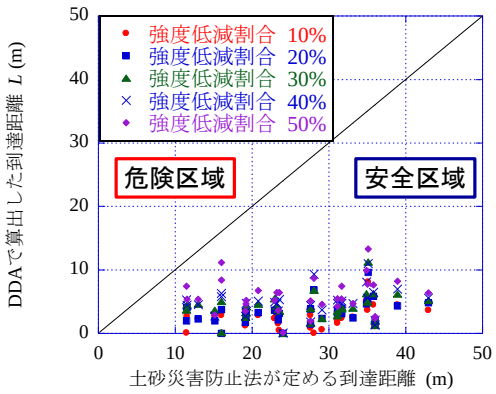

図-4　解析結果と土砂災害防止法の比較

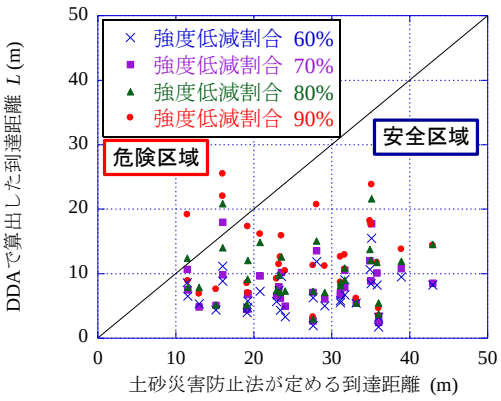

図-5　解析結果と土砂災害防止法の比較

図-6 に，強度低減割合 70%を想定した崩壊土砂の到達範囲と，土砂災害防止法による危険区域を比較した平面図を示す．強度低減割合を 70%とした理由は，既往の研究[2]より，大分県竹田市で発生した土石流に DDA 解析を適用した結果，強度低減割合 70%の時に崩壊土砂の堆積形状と一致したためである．DDA の算出結果(紫線)と土砂災害防止法の危険区域(黄点線)との間隔は，土砂災害防止法では危険区域としているが，実際には崩土が到達しない範囲を示す．平面的に見ることで，土砂災害防止は大きく安全側を見て危険区域を設定していることがわかる．

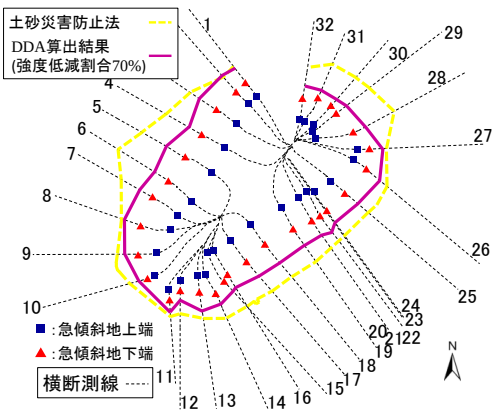

図-6　解析結果と土砂災害防止法との比較

今回は強度が 70%低減することを仮定したが，降雨等の影響により強度がどの程度まで落ちるのか，付近の同地質で，崩壊が起こった斜面を逆解析する必要がある．その結果，より精度の良い到達距離を算出可能である．

4. 結論

土砂災害防止法の危険区域は大きく安全側にとってあり，実際は崩土の到達しない区域が多く存在する．一方で，完全に危険区域は網羅できていない．土砂災害の危険区域を算出するためには，急傾斜地の高さのみでなく，斜面形状や地盤特性を考慮する必要がある．

<<参考文献>>

1)土木学会西部支部　土砂災害のリスク評価手法の開発と実用化に関する調査・中間報告

2)津末佳朋:不連続変形法(DDA)を用いた地震時崩壊土石の高速・遠距離移動メカニズムに関する研究，九州大学大学院修士論文．